

Introduction à l'analyse de cycle de vie

Cette introduction à l'Analyse de Cycle de vie est basée sur les sites suivants : http://pedagotech.inp-toulouse.fr/131010/co/module_ACV_CS.html et http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap03/co/ch03_010_acv.html

1 Principe de l'ACV

1.1 Généralités

L'analyse du cycle de vie, parfois appelée écobilan, est une méthodologie d'évaluation "du berceau à la tombe" qui permet de quantifier l'impact environnemental des produits, services ou systèmes de production depuis l'extraction des matières premières qui les composent jusqu'à leur élimination en fin de vie, en considérant également les phases de distribution et d'utilisation.

Selon la norme ISO 14040,

l'analyse du cycle de vie (ACV) est une technique d'évaluation des aspects environnementaux et des impacts environnementaux potentiels associés à un système de produits

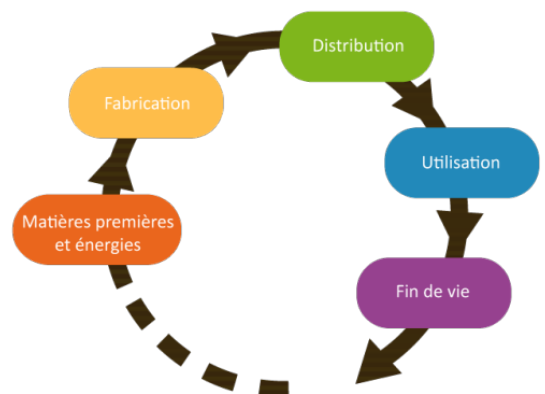
. L'ACV peut donc jouer le rôle d'un outil d'aide à la décision permettant de déterminer des priorités d'action grâce auxquelles les impacts environnementaux d'un produit pourront être diminués.

Traditionnellement, la prise en compte de l'environnement était faite soit en considérant les impacts engendrés (déchets, pollutions), soit en travaillant par secteur d'activité (ou type d'industrie). Ces approches se sont révélées insuffisantes (car trop parcellaires) pour justifier du bien fondé des efforts à réaliser sur le plan environnemental. La diminution d'un impact modifiait les autres caractéristiques des systèmes considérés, sans que l'on puisse évaluer la pertinence globale de ces modifications.

NB : en anglais, ACV se dit LCA pour *LifeCycle Analysis*.

1.2 Exemple

La laine de roche est un isolant présentant d'excellentes propriétés thermiques, acoustiques, mécaniques et de protection contre l'incendie ou les dommages de l'eau. Lors de la pose de ce type d'isolant il est toutefois nécessaire de passer l'aspirateur régulièrement pour éliminer les poussières (effet sur santé humaine). À la fin des travaux il est nécessaire de nettoyer la pièce avec de l'eau et du détergent. Ceci engendre donc des consommations énergétiques ou de matières qui pourrait éventuellement être évitées par l'utilisation d'un isolant qui, à première vue donnait l'impression d'être plus impactant sur l'environnement que la laine de roche.



1.3 Démarche pratique

Pratiquement, on met en œuvre une analyse du cycle de vie en réalisant dans un premier temps l'inventaire des flux de matières et d'énergies entrants et sortants à chaque étape du cycle de vie. On appelle cette démarche inventaire du cycle de vie : ICV. On procède ensuite à l'évaluation des impacts environnementaux à partir des données recueillies grâce à des coefficients pré-établis permettant de calculer la contribution de chaque flux aux divers impacts environnementaux étudiés.

Selon les normes en vigueur l'ACV est un processus itératif constitué de 4 étapes principales, respectivement :

1. la définition des objectifs et du champ de l'étude,
2. l'analyse de l'inventaire,
3. l'évaluation des impacts,
4. l'interprétation des résultats.

On note le caractère itératif de ce processus qui a comme conséquence le fait que chaque étape peut nous amener à revoir les précédentes (ex. : des difficultés dans l'obtention de données pour l'inventaire peuvent amener à revoir les objectifs et le champ d'étude).

Les caractéristiques de performance (ou fonctions) du système analysé doivent être clairement spécifiées lors de la définition du champ d'étude. Puisqu'un système peut avoir plusieurs fonctions possibles, celles choisies dépendront en principe des objectifs fixés pour l'analyse.

2 Étape 1/4 – Définition des objectifs et du champ de l'étude

Pour cela, on définit plusieurs choses. D'abord, la **fonction**. Lors d'une étude comparative, il est essentiel de comparer des systèmes (ou produits) sur la base d'une fonction commune. La fonction joue un rôle central car c'est en la définissant correctement qu'il est possible de comparer des produits entre eux. Une bonne définition de la fonction permet également de définir correctement les frontières du système à l'étude. Exemple de fonction pouvant servir pour de la peinture : protéger et colorer un mur.

QUESTION 1 ► On cherche à comparer 2 types d'ampoules : une ampoule à incandescence et une ampoule à fluorescence Quelle est la **fonction** principale des ampoules ?

Une fois la fonction du système définie, on définit l'unité fonctionnelle, "le service offert". Il est d'usage d'utiliser une notion mesurable et clairement définie qui s'appelle **Unité Fonctionnelle**, grâce à laquelle sont précisées les fonctions identifiées du produit (ses caractéristiques de performance). Le rôle principal de l'unité fonctionnelle est donc de fournir une référence par rapport à laquelle les intrants et les extrants seront définis et normalisés afin d'assurer la comparabilité des résultats d'une ACV sur une base commune. Par conséquent, l'unité fonctionnelle est la même dans les différents scénarios.

Le choix de l'unité fonctionnelle sera fait en essayant de chiffrer le service rendu par le produit - il faut retenir une action quantifiée pendant une durée de temps déterminée. L'unité fonctionnelle doit donc être précise, mesurable et additive.

Dans l'exemple des ampoules, l'unité fonctionnelle doit tenir compte de l'intensité lumineuse et de la durée du service : 6000 heures à 600 lumens.

QUESTION 2 ► Quelle pourrait être une unité fonctionnelle pour la peinture ?

Prenons un autre exemple pour mettre en évidence l'importance du choix de l'unité fonctionnelle.

On va étudier la comparaison de matériaux de remplissage pour l'emballage. Traditionnellement, les matériaux d'emballages plastiques sont utilisés (chips en polystyrène). L'inconvénient est qu'ils sont produits à partir de matières premières non renouvelables (pétrole) et qu'ils ne sont pas aisément biodégradables. Comme alternative, on a un matériau obtenu à partir de grains de maïs soufflé par air chaud (le pop corn). Ce matériau est un produit naturel et est intuitivement plus écologique. Il reste à prouver que cette alternative est préférable du point de vue environnemental. C'est le rôle de l'ACV.

La fonction des matériaux étudiés est le remplissage de cartons d'emballage.

QUESTION 3 ► Quelle est l'unité fonctionnelle à choisir dans le cas du remplissage ?

Ensuite, le flux de référence désigne la quantité du produit analysé et de consommables utilisés par ce produit, nécessaires pour rencontrer les besoins de l'unité fonctionnelle.

Dans le cas de la peinture, le flux de référence va correspondre à la quantité de peinture nécessaire pour couvrir 100 m² de mur avec un degré d'opacité et pour une durée de 20 ans.

Les facteurs reliant l'unité fonctionnelle aux flux de référence sont des paramètres clés pour optimiser le système. Dans l'exemple de la peinture, il s'agit de la quantité appliquée par m² et la durée de vie de la peinture.

On reprend notre exemple des ampoules. La fonction principale des ampoules est d'éclairer et voici les caractéristiques des 2 ampoules.

Produit	Unité fonctionnelle	Flux de référence	Paramètre clé
Peinture	100 m ² de mur peint pendant 20 ans	<ul style="list-style-type: none"> • 30 kg de peinture longue durée (20 ans) • ou 2x25 kg de peinture courte durée (10 ans, 2 applications) 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantité appliquée au m² • Durée de vie de la peinture

- Ampoule à incandescence
 - Durée de vie = 1000 h
 - Énergie nécessaire pour fournir 600 lumens = 60 W
 - Masse = 35 g
- Ampoule à fluorescence
 - Durée de vie = 6000 h
 - Énergie nécessaire pour fournir 600 lumens = 11 W
 - Masse = 160 g

L'unité fonctionnelle consiste à assurer une intensité lumineuse de 600 lumens pendant 6000 heures.

QUESTION 4 ► Déterminer les flux de référence associés dans le cas de l'ampoule à incandescence :

- Combien d'ampoules par unité fonctionnelle ? ampoules
- Quelle masse par unité fonctionnelle ? g
- Combien de kWh par unité fonctionnelle ? kWh

QUESTION 5 ► Déterminer les flux de référence associés dans le cas de l'ampoule à fluorescence

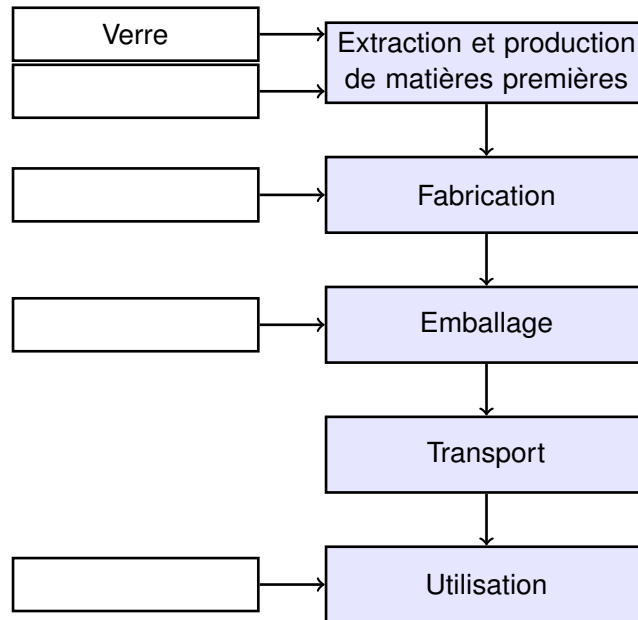
- Combien d'ampoules par unité fonctionnelle ? ampoules
- Quelle masse par unité fonctionnelle ? g
- Combien de kWh par unité fonctionnelle ? kWh

3 Étape 2/4 – Analyse de l'inventaire

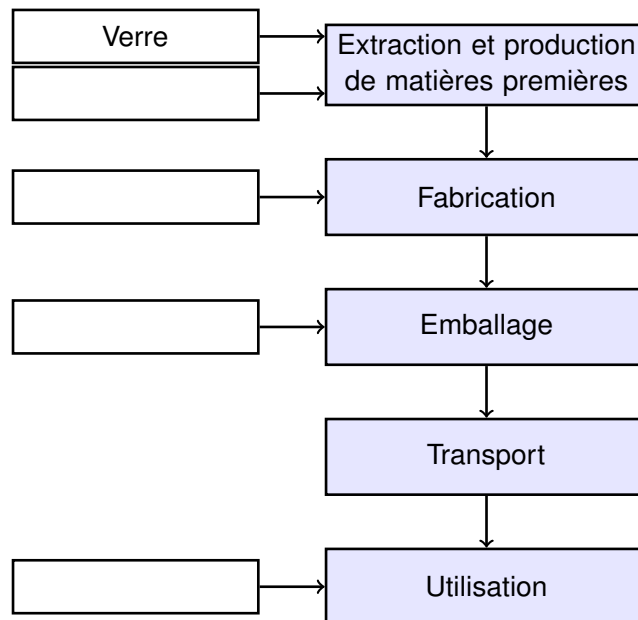
L'inventaire du cycle de vie consiste à répertorier, décrire et quantifier l'ensemble des entrées :

- Les flux entrants (besoins en matières premières et énergie)
- Les flux en sorties (émissions dans l'air, effluents liquides, solides) du système

QUESTION 6 ► L'arbre des processus est une représentation des flux échangés dans le système. Complétez le schéma ci-dessous représentant l'arbre des processus pour une ampoule à incandescence.



QUESTION 7 ► Complétez le schéma ci-dessous représentant l'arbre des processus pour une ampoule à fluorescence.



QUESTION 8 ► Pour chaque processus unitaire de base, on détermine les flux de produits intermédiaires (intrants) et les flux élémentaires (émissions directes) dans l'**inventaire de production**. Annotez les deux schémas du dessus avec les chiffres de quantité de matière et d'énergie (e.g. *20g de verre par ampoule*). Ensuite, il est nécessaire de rechercher des données d'émissions et d'extraction liées à ces intrants, auprès de partenaires industriels, ou dans la littérature, mais le plus souvent dans des bases de données. Par exemple, la base de données Ecolnvent contient le genre de données présentées dans la Table 1. Par ailleurs, l'énergie requise pour assembler une ampoule à incandescence est de 0.35MJ/unité. Celle pour une ampoule à fluorescence est de 10.6 MJ/unité.

QUESTION 9 ► À partir des données ci-dessus, calculez l'inventaire par processus unitaire. C'est à dire l'énergie et les émissions de CO₂ requis par la fabrication d'une ampoule à incandescence, et d'une ampoule à fluorescence.

4 Étapes 3 et 4

La démarche d'ACV est plus complète que ce que vous avez fait. Entre autres, la fiabilité des données doit être analysée ; elle repose sur des éléments tels que l'exhaustivité des entreprises du secteur, la taille de

	Énergie primaire (MJ)	C02 (kg)
Énergie		
1 kWh électricité (Europe)	10.5	0.45
1 kWh électricité (US)	12.1	0.71
1 kWh électricité (Suisse)	12.1	0.71
Transport		
1 pers.km voiture (Europe)	3.2	0.18
1 pers.km avion (intercontinental)	3.3	0.19
1000 km.kg transport camion 40t	2.8	0.16
Matériau		
Papier d'emballage	31.2	1.58
1 kg Verre	11.7	0.62
1 kg Cuivre	26.8	1.52
Composants électroniques (1kg)	199	10.0

Table 1 – Données extraites de la base Ecolnvent

l'échantillon, les corrélations géographiques, temporelles et technologiques qui indiquent si les données utilisées couvrent le lieu, la période et la technologie du processus étudié.

Par ailleurs, nous n'abordons pas dans ce TD les deux dernières étapes du processus : l'évaluation des impacts, l'interprétation des résultats.

Enfin, si vous voulez des infos (réalistes cette fois) sur la composition des différents types d'ampoules, consultez ce document du BRGM : infoterre.brgm.fr/rapports/RP-56973-FR.pdf

5 Retour au numérique

Nous allons maintenant essayer d'appliquer une partie de la démarche à des objets ou services numériques.

QUESTION 10 ► Définissez une fonction et une unité fonctionnelle pour un écran d'ordinateur

QUESTION 11 ► Définissez une unité fonctionnelle pour une batterie de véhicule électrique

QUESTION 12 ► Définissez une unité fonctionnelle pour un service de stockage en ligne

QUESTION 13 ► Dans l'étude de l'Ademe [?] *Which environmental impacts for ICT? - LCA case study on electronic mail ?* — l'article est disponible sur <http://ieeexplore.ieee.org/document/6360431> ou sur Moodle —, quel est l'unité fonctionnelle ?

QUESTION 14 ► Dans cette même étude, regardez la figure 1 qui explicite le périmètre pris en compte. Puis regardez la table 2.

- Quel est le plus poste impactant le plus le climat ?
- Quel est le poste impactant le plus l'épuisement des ressources fossiles ?

QUESTION 15 ► Pour d'autres exemples d'ACV en lien avec le numérique, voyez <http://www.avnir.org/FR/L-analyse-du-cycle-de-vie-59.html>